

Автор ер.
а 24

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. Ломоносова

На правах рукописи
УДК 664.723

Сванидзе Бадри Георгиевич

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СУШКИ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых
производств

Перечень 10 87

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1986

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Н.В. Остапчук
Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор В.И. Леончик;
кандидат технических наук,
доцент В.А. Резчиков
Ведущая организация - Техническое управление
Министерства хлебопродуктов Молдавской ССР

Защита состоится "4" декабря 1986 г. в 13⁰⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одес-
ском технологическом институте пищевой промышленности имени
М.В. Ломоносова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

те:
мо:

✓ 015563

Автор: Сванидзе Б.
ска Optimiza-
ция проц. сушки

в Одесского
и имени М.В. Ло-

1986 г.

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

12

ОНАХТ 31.05.12
Оптимизация процессо



v015563

3

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. XXVII съездом КПСС в качестве одного из главнейших поставлен вопрос интенсификации производства, снижения затрат, экономии всех видов ресурсов. Это в равной степени относится и к зерносушильному оборудованию.

Пути интенсификации процессов сушки определяются существующими теоретическими представлениями о механизме удаления влаги из материалов, но наилучший способ интенсификации может быть выбран методами оптимизации, позволяющими определить режимы и конструкцию аппарата, обеспечивающие наименьшие затраты при заданных условиях работы. Поскольку оптимальные характеристики определяются в основном расчетными методами, для их реализации необходимо составить систему соответствующих математических моделей, в состав которых должны входить количественные кинетические закономерности сушки и длительности проведения отдельных операций. Однако, сравнительные кинетические закономерности нагрева, сушки и охлаждения зерна, распределения влаги внутри зерновок в различных типах слоев отсутствуют, последовательность и длительность выполнения основных технологических операций обезвоживания, обеспечивающие наименьшие затраты, не определены.

В связи с этим, установление количественных закономерностей изменения свойств отдельных зерновок в слое сыпучего продукта в процессе сушки, установление граничных условий изменения свойств зерновок и слоя - являются важнейшими задачами при определении наилучших условий обезвоживания, обеспечивающих наименьшие затраты на сушку.

Цель работы. Целью настоящей работы является определение сравнительных кинетических закономерностей процесса сушки, установление режимов сушки и наиболее целесообразной последовательности выполнения технологических операций (сочетание методов и режимов обезвоживания), обеспечивающих высокую интенсивность процесса при снижении затрат.

Конкретными задачами работы являются:

установление кинетических закономерностей сушки зерна при различных концентрациях твердой фазы, температуры сушильного агента, исходных влажностей зерна и характеристик слоя сыпучего продукта;

уточнение времени отлежки, обеспечивающие выравнивание влажности по всему объему зерна, при различных этапах обез-

Одесский технологический институт пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова

✓ 015563

воживания зерна в процессе сушки;

определение наиболее целесообразной последовательности и длительности выполнения технологических операций (нагрев-сушка-охлаждение) в процессе сушки зерна, обеспечивающих наименьшие затраты топлива и электроэнергии;

составление алгоритма расчета оптимальных режимов по минимальным затратам энергии;

определение основных путей интенсификации процессов сушки на основе оптимального сочетания способов и режимов сушки;

определение граничных значений концентрации сыпучего материала в слое на различных этапах обезвоживания, обоснование времени перехода от одного способа обезвоживания к другому;

обоснование принципов расчета оптимальных режимов по минимальным затратам энергии;

разработка рекомендаций по выбору оптимальных режимов и конструктивных параметров установок, обеспечивающих оптимальные режимы в производственных условиях;

проведение производственных испытаний разработанных способов и режимов сушки.

Научная новизна работы состоит в:

определении сравнительных кинетических закономерностей нагрева, сушки и охлаждения зерна;

теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении целесообразности оптимального сочетания способов и режимов сушки зерна, обеспечивающих интенсификацию процесса сушки и минимальные затраты энергии на различных этапах обезвоживания;

определении критических значений концентраций твердой фазы, характеризующих качественное изменение закономерностей аэродинамического сопротивления, тепло- и массообмена и др. характеристик;

установлении количественных закономерностей аэродинамического сопротивления, тепло- и массообмена в слое сыпучего продукта в пределах критических значений концентрации твердой фазы;

определении режимов нагрева, обезвоживания и охлаждения, обеспечивающих минимальные удельные расходы топлива и электроэнергии на сушку.

Практическая значимость работы состоит в:

разработке рекомендаций по переводу сушильных установок на режимы работы, обеспечивающие снижение удельных затрат на сушку, устойчивую работу установок в заданных режимах и

рекомендаций по проектированию сушилок, состоящих из последовательности элементов с различной концентрацией твердой фазы, обеспечивающих наилучшие условия обезвоживания на каждом этапе сушки.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены на Республиканской научно-технической конференции молодых ученых республик Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвященной 60-летию образования СССР (г. Тбилиси, 1982), Всесоюзной конференции "Математическое моделирование и оптимизация схем, режимов и оборудования химико-технологических, энерготехнологических и тепло-энергетических систем" (г. Черновцы, 1985 г.) и научной конференции профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М.В. Ломоносова (г. Одесса, 1986 г.).

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка использованной литературы из 140 наименований, в том числе 21 иностранных, изложена на 149 страницах машинописного текста и содержит 37 рисунков, 6 таблиц и 12 приложений.

На защиту выносятся:

принципы синтеза режимов сушки зерна и технологических схем зерносушилок на основе известных кинетических закономерностей нагрева и сушки независимо от способа их определения;

принципы выбора режимов сушки зерна, обеспечивающих наименьшие затраты энергии при заданных качествах (температура нагрева);

рекомендации по автоматизированному проектированию режимов и технологических схем зерносушилок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первой главе систематизированы методы, режимы, кинетические закономерности и технологические схемы сушки зерна. На основе систематизации показано, что сушка зерна высокотемпературным сушильным агентом имеет циклический характер: нагрев зерна, сопровождающийся сушкой и охлаждением. Для синтеза технологических схем сушки с циклическим процессом необходимо иметь данные по времени достижения предельно допустимых температур нагрева зерна при изменении температур

и скорости сушильного агента, влажности зерна, характеристик слоя и др. изменений параметров. Кроме того, необходимо иметь данные по количеству удаленной влаги за один цикл при различных режимах.

Показано, что сравнительные данные по нагреву, сушке и охлаждению зерна в различных типах слоев отсутствуют. Более того, отсутствуют и четкие сравнительные характеристики типов слоев, в которых происходит нагрев, сушка и охлаждение зерна. А сами характеристики слоев количественной оценки не имеют. Отсутствуют и сравнительные данные по времени перемещения влаги внутри зерновок при сушке в различных типах слоев сыпучего материала. Это затрудняет определение режимов сушки зерна и последовательность методов и режимов обезвоживания, обеспечивающих заданные выходные показатели качества и наименьшие затраты энергии. Данные по времени отлежки зерна после нагрева теоретически не обоснованы и являются противоречивыми. Режим нагрева, сушки и охлаждения зерна, обеспечивающие наименьшие затраты топлива и электроэнергии на сушку, теоретически не обоснованы и количественная оценка их не установлена.

Следовательно, получение сравнительных данных по нагреву, сушке и охлаждению зерна в различных типах слоев сыпучего продукта и данных по распределению влаги внутри зерновок позволит определять последовательность операции и характеристики режимов, обеспечивающих наилучшие характеристики процесса сушки.

Во второй главе изложена методика исследования. В соответствии с основной целью и конкретными задачами намечена программа исследования и создана экспериментальная установка. В качестве объекта исследования выбран сорт семенной пшеницы - эритросперм 127 влажностью 12,5%. Программой исследования были намечены серии опытов в диапазоне изменения начальной влажности от 16,5 до 43,5% (по отношению к абсолютно сухому веществу). Толщина слоя изменялась от 80 до 240 мм, скорость сушильного агента составляла 0,2...0,6 м/с для плотного и 1,9...3 м/с для кипящего слоя. Диапазон изменения температуры сушильного агента на стадии нагрева был равен 80...150°C, а при сушке 50...60°C. Конечная влажность зерна пшеницы принята равной 14,0%.

Планом экспериментальных исследований были предусмотрены серии опытов по определению кинетических закономерностей процесса сушки зерна пшеницы при различных характеристиках высушиваемого материала и сушильного агента в условиях циклического нагрева и охлаждения по уточнению времени достижения предельно допустимых температур нагрева зерна в плотном и кипящем слоях, а также в комбинированных режимах сушки.

В третьей главе изложены результаты исследования кинетических закономерностей нагрева зерна до заданной температуры в плотном и кипящем слоях.

В качестве примера на рис.1 приведена кинетика нагрева и сушки зерна в плотном слое при различной температуре сушильного агента. Анализ опытов показывает, что с увеличением температуры сушильного агента, уменьшением влажности зерна, уменьшением расстояния в слое до входа сушильного агента время нагрева зерна до предельно допустимой температуры и допустимое время удаления влаги при других постоянных условиях сокращается. В слое зерна фактически имеют место режимы с изменяющимися параметрами сушильного агента и температурой зерна. С увеличением температуры сушильного агента общая убыль влаги значительно сокращается из-за сокращения допустимого времени сушки.

В качестве примера (рис.2) приведены кинетические закономерности сушки зерна в кипящем слое. Анализ графиков нагрева и сушки зерна в кипящем слое позволил заключить, что с увеличением температуры сушильного агента и уменьшением влажности зерна, время его нагрева до предельно допустимой температуры и допустимое время удаления влаги при данных условиях как и в плотном слое сокращается. Численное значение времени нагрева примерно соответствует нагреву и сушке в нижних слоях плотного слоя (элементарных слоях).

Из данных опытов по кинетическим закономерностям сушки зерна в кипящем и плотном слоях до конечной влажности можно установить, что скорость сушки в отдельных слоях зерна значительно зависит от скорости и относительной влажности сушильного агента, но зависит от его температуры.

Высота слоя при различной концентрации твердой фазы сама по себе на скорость сушки не влияет, а только на среднюю температуру слоя зерна, что приводит к изменению скорости сушки.

На основе анализа полученных кинетических закономерностей

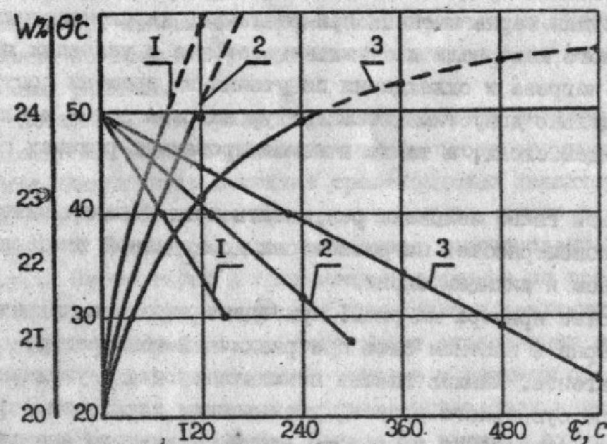


рис.1 Кинетика нагрева I...3 и сушки I...3 зерна в плотном слое при температурах сушильного агента: I и I - 100°C; 2 и 2 - 80°C; 3 и 3 - 60°C

$W_n = 24\%$; $u_{ca} = 0,6 \text{ м/с}$; $h_0 = 100 \text{ мм}$

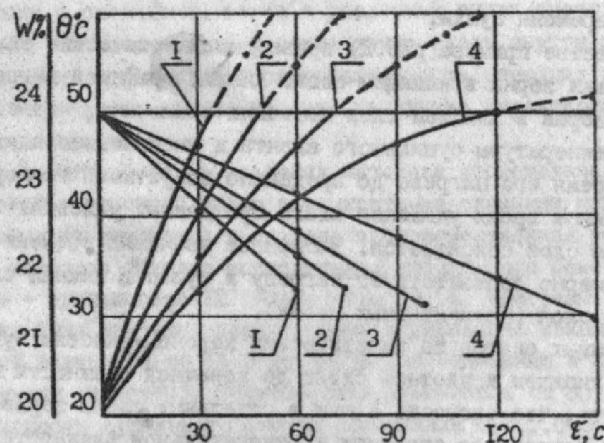


рис.2 Кинетика нагрева I...4 и сушки I...4 зерна в кипящем слое при температурах сушильного агента: I и I - 150°C; 2 и 2 - 120°C; 3 и 3 - 90°C; 4 и 4 - 60°C

$W_n = 24\%$; $u_{ca} = 2,1 \text{ м/с}$; $h_0 = 100 \text{ мм}$

сушки зерна в плотном и кипящем слоях с отлежкой можно заключить, что отлежка оказывает существенное влияние на скорость сушки при значительной влажности более 20%. При влажности менее 20% влияние отлежки на скорость сушки зерна пшеницы уменьшается или вообще не обнаруживается. Это можно объяснить тем, что при большой влажности зерна и при резком его нагреве возникают значительные градиенты концентрации и температур.

Для анализа возможностей синтезировать циклические режимы сушки провели серию опытов по сушке зерна в режиме: нагрев-отлежка-сушка и нагрев-отлежка-продувка-нагрев-отлежка, т.е. сдвоенный нагрев с промежуточным охлаждением зерна, с отлежкой и сушкой. Результаты, приведенные на рис.3, свидетельствуют о том, что отлежка при незначительных влажностях зерна влияния на процесс сушки не оказывают.

Применение кипящего слоя для интенсификации процесса нагрева и сушки целесообразно на первых стадиях сушки. Отлежка и последующая продувка горячего зерна холодным сушильным агентом показала, что они интенсифицируют процесс при удалении свободной и связанной влаги. В первом случае для перераспределения свободной влаги к поверхностям и во втором - для изменения градиента температур. В последующем периоде процесса сушки, когда количество свободной влаги в зерне уменьшается и начинается сушка связанной влаги - эти процессы эффекта не дают.

Очень быстрый нагрев зерна до предельно допустимой температуры в нижних частях продуваемого слоя представляет значительную опасность. В верхних частях продуваемого слоя время достижения предельно допустимых температур нагрева зерна увеличивается на порядок, что увеличивает возможность управления процессом.

Приведенные в графическом виде экспериментально полученные кинетические закономерности не охватывают всех возможных вариантов режимов для получения промежуточных данных и данных за пределами экспериментально определяемых закономерностей, т.е. не обеспечивают полного набора данных для синтеза режимов и технологических схем зерносушилок. Некоторые из необходимых закономерностей невозможно установить экспериментально из-за малого промежутка времени опыта, приводящего к значительным погрешностям. В этих случаях весьма эффек-

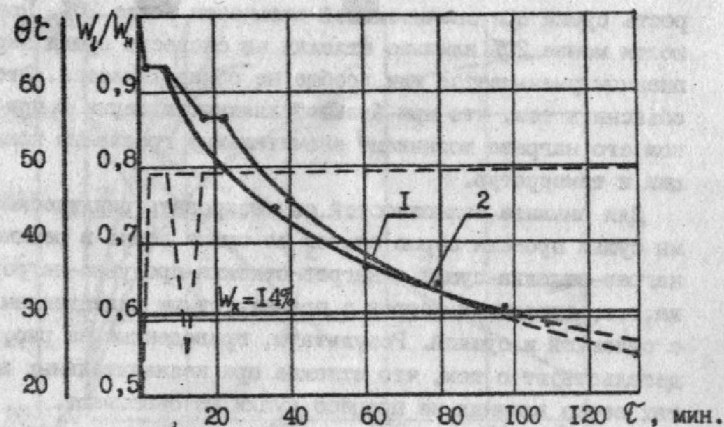


рис. 3 Кинетика сушки зерна в режиме нагрев-отлежка-сушка (1) и нагрев-отлежка-подсушка-нагрев-отлежка-сушка (2)
($W_n = 23,5\%$; $t_{ca} = 50^\circ\text{C}$; $\xi_{opt} = 6\text{ мин}$; $t_{xg} = 20^\circ\text{C}$)

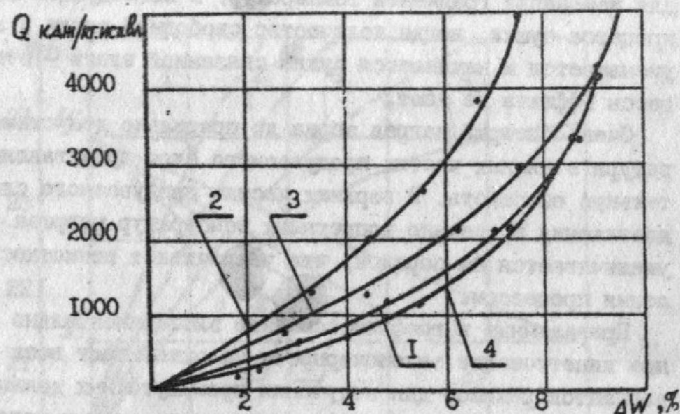


рис. 4 Удельные затраты теплоты на сушку при различной концентрации твердой фазы
1 - плотный слой; 2 - кипящий слой;
3 - кипящий слой с отлежкой; 4 - комбинированный режим
($W_n = 24\%$; $t_{ca} = 50^\circ\text{C}$; $\theta_s = 50^\circ\text{C}$)

тивными являются методы интерполяции и экстраполяции. В диссертации показаны возможности использования полиномов Лагранжа для интерполяции и экстраполяции полученных экспериментальных данных о кинетических закономерностях сушки.

При анализе и проектировании технологических схем зерносушилок необходимо иметь не только кинетические закономерности, но и значение сравнительных затрат при различных способах и режимах сушки.

Теплозатраты в экспериментах на лабораторной установке невозможно сравнить с теплозатратами в реальных установках, т.к. в эксперименте моделируется экспериментальный процесс сушки, а не совокупность различных режимов в реальных установках. Такое сравнение позволяет провести оценку эффективности того или иного режима или совокупности воспроизводимых процессов сушки при различных концентрациях твердой фазы.

Общие удельные затраты теплоты на удаление влаги определяли по формуле:

$$q = \frac{Q}{\Delta W'} \quad , \text{ кДж/кг исп. влаги}$$

где ΔW - количество удаленной влаги, кг.

Анализируя графики на рис. 4, можно сделать вывод, что отлежка и продувка холодным воздухом являются важнейшими факторами снижения энергозатрат на сушку и дают возможность увеличить период постоянной скорости сушки. Сравнение теплозатрат в плотном слое и комбинированном режиме (нагрев-отлежка-подсушка-нагрев-отлежка-сушка) показывают, что комбинированный режим сушки зерна обеспечивает наименьшие затраты теплоты и более эффективны в начальном периоде сушки. В последующих периодах сушки теплозатраты сравниваются с теплозатратами в плотном слое.

С другой стороны, определение энергозатрат связано с количественной оценкой степени разрыхления слоя сыпучего продукта, оцениваемый порозностью слоя ξ , коэффициентами объемного M_v , массового M_m и истинного (действительного) M_i расхода, которые однозначной характеристика слоя не дают. В связи с этим представляют известные удобства математические связи между этими характеристиками, необходимые для количественной оценки разрыхленности слоя. Исходя из классического определения прямых и косвенных характеристик порозности слоя установили между ними связи в виде формулы:

$$\varepsilon = 1 - \frac{N^2 \rho_{с.к.}}{N_s \rho}$$

В существующих конструкциях сушильных камер процесс сушки может быть представлен как дискретный многостадийный процесс, реализующий сначала этап нагрева материала до $\theta_{доп}$, затем поочередно циклы охлаждения и нагрева при расчетной высоте слоя h_{ic} . На основании этих представлений появляется возможность отыскать параметрическую кусочно-линейную функцию, выражающую зависимость изменения влажности материала во времени

$$\varepsilon_{сф} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{ин} + \sum_{k=1}^m \varepsilon_{ко}$$

где n — количество циклов нагрева,

m — количество циклов охлаждения.

Функции $\varepsilon_{ин}$ и $\varepsilon_{ко}$ представлены как параметрические

$$\varepsilon_{ин} = f(W_n, \theta_n, \theta_{доп}, W_k, t_n, h_{ic}, \gamma_{св})$$

$$\varepsilon_{ко} = f(W_n, \theta_{ki}, \theta_{доп}, W_k, t_{ns}, h_{ic}, \gamma_{св})$$

где t_n — температура сушильного агента на входе в i -й слой;

θ_{ki} — температура зерна на выходе i -го слоя.

На основе изложенных представлений о процессе разработан алгоритм синтеза структура которого показана на рис.5, где в блоке I осуществляется ввод исходных данных и начальных приближений для организации итеррационной процедуры решения системы регрессионных уравнений, описывающих процесс сушки за период нагрева зерна до температуры $\theta_{доп}$ с учетом ограничений по высоте слоя и определение целого значения числа слоев.

Во втором блоке осуществляется расчет периода нагрева материала по слоям при расчетном значении температуры сушильного агента t_n , где определяются значения влажности и температуры нагрева зерна на выходе из i -го слоя. В блоках 4 и 5 реализуется расчет осцилирующего режима сушки до заданной конечной влажности. Расчет процесса сушки замыкается общей итеррационной процедурой по скорости перемещения зерна в сушильной камере, которая формируется в блоке 6. Для выбора оптимальных значений технологических и конструктивных параметров процесса сушки в блоке 7 организована процедура простого перебора управляющих воздействий: температуры сушильного агента t_n , высоты слоя h_i , количества слоев n , скорости перемещения зерна при заданных значениях влажности зерна на входе и выходе из сушильной камеры, скорости фильтрации сушильного агента через слой зерна, температуры наружного воздуха и исходной

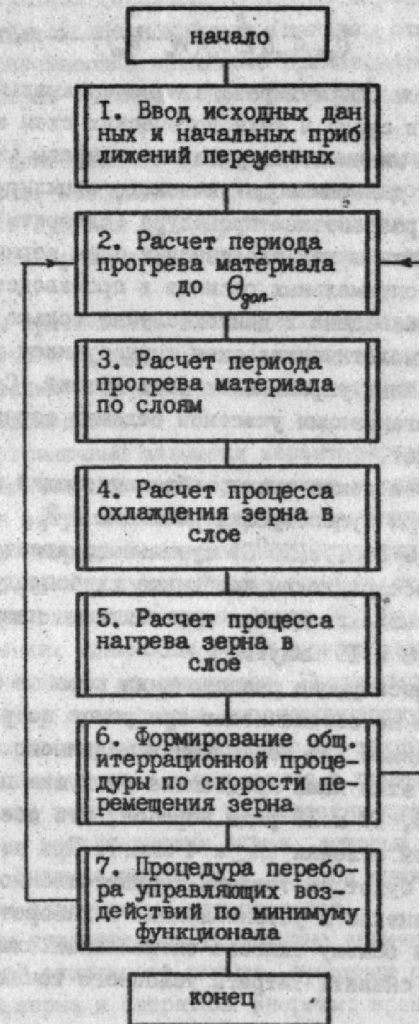


рис. 5 Обобщенный алгоритм синтеза технологических схем зерносушилок.

температуры зерна. Процесс перебора организован по минимуму функционала:

$$\gamma_{ca} \rho_{ca} t \sum_{i=1}^n \tau_i / (W_n - W_k) \rightarrow \min$$

Таким образом сформулирована в содержательной форме задача синтеза режимов сушки и технологических схем зерносушилок, обеспечивающая минимальные удельные затраты теплоты. Предложена временная диаграмма циклического осциллирующего процесса сушки зерна и разработана процедура (алгоритм) синтеза оптимальных режимов сушки и технологических схем зерносушилок.

Реализация оптимальных режимов в производственных условиях может быть произведена в данном случае только с учетом существующих технологических схем зерносушилок и возможностей изменения основных управляющих воздействий. Суть реконструкции заключена в организации участков отлежки зерна в первой зоне сушилки ДСП-32от.

Цикл нагрев-отлежка-сушка, обеспечивающий наименьшие затраты топлива при существующих расходах ($\gamma_{ca} = 0,6$ м/с) и температурах ($t_{ca} = 160 \dots 110^\circ\text{C}$) сушильного агента, зерносушилки ДСП-32от на Веселокутском комбинате хлебопродуктов Одесского областного управления должен составить по нашим экспериментальным данным 23,8 и 19 минут.

Однако, существующие расположения коробов и конструкция сушильной камеры не обеспечивают требуемое по расчету время отлежки, необходимое для поддержания заданного цикла сушки зерна. В связи с этим нами предложена заглушка подводящих 8, 9 и 10, а затем 16, 17 и 18 ряды коробов, что обеспечит время первой и второй отлежки ($\Delta t_{от} = 4$ мин.). При этом цикл нагрев-отлежка-сушка будет составлять соответственно 23,8 и 19 минут, т.е. весьма близкие к установленным в лабораторных условиях и положенных в основу синтеза оптимальных схем зерносушилок. Это позволило снизить затраты условного топлива с 11,8 до 11,0 кг/план. ед.

Годовой экономический эффект от снижения затрат топлива составит 856,8 руб./на одну сушилку.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения в технологических схемах сушильных установок элементов с различными значениями концентрации твердой фазы на различных этапах обезвоживания (нагрев, отлеж-

ка, собственно сушка и охлаждение).

2. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена наиболее целесообразное сочетание способов и режимов сушки зерна на различных этапах обезвоживания (нагрев, отлежка, сушка, охлаждение), обеспечивающие повышение производительности, снижение удельных затрат топлива и электроэнергии при сохранении качества зерна.

3. Определены качественные закономерности изменения влажности и температуры зерна, коэффициентов аэродинамического сопротивления, теплообмена и сушки и др. характеристик состояния зерна при наиболее целесообразных способах и режимах обезвоживания зерна.

4. Установлены критические значения концентрации твердой фазы в слоях сыпучего продукта, определяющие переход от одного способа обезвоживания к другому, т.е. от нагрева к отлежке, а затем к сушке и охлаждению.

5. Определены граничные значения характеристик слоя зерна для перехода от одного этапа обезвоживания к другому, обеспечивающие наименьшие затраты тепла на обезвоживание и электроэнергии на преодоление аэродинамических сопротивлений.

6. Установлено весьма существенное влияние отлежки зерна на скорость сушки при влажности зерна более 20% (на общую массу). При меньших значениях влажности зерна значительного воздействия на процесс сушки отлежка не оказывает. Подтверждение получил циклический характер сушки зерна высокотемпературным теплоносителем. Получены сравнительные кинетические закономерности циклических процессов нагрева и сушки зерна в плотном и кипящем слоях при различных температурах и скоростях сушильного агента, влажности и других характеристик зерна, которые могут быть использованы для анализа способов и режимов сушки и синтеза технологических схем современных зерносушилок.

7. Установлены существенные устойчивые количественные связи между температурой сушильного агента, временем сушильного цикла, порозностью слоя зерна и затратами энергии: время нагрева находится в прямой, а время сушки - в обратной зависимости от температуры сушильного агента. С увеличением порозности слоя увеличиваются затраты энергии и сокращается допустимое время нагрева и сушки зерна.

8. Сравнение теплотрат в плотном слое и комбинированном режиме показывает, что наименьшие затраты теплоты обеспечивает комбинированный режим. Разрыхленный слой более эффективен в на-

чальном периоде сушки. В последующих периодах сушки теплотраты в кипящем слое сравнимы с затратами теплоты в плотном слое. Применение комбинированного способа сушки с двойным нагревом, отлежкой, промежуточным охлаждением и сушкой обеспечивает меньшие теплотраты и большое количество испаренной влаги в начальном периоде сушки по сравнению с плотным слоем без продувки и отлежки. На последующих этапах сушки теплотраты сравнимы.

9. На основе полученных экспериментальных данных и их математической обработки разработан алгоритм синтеза оптимальных режимов и технологических схем зерносушилок.

10. Разработаны рекомендации по проектированию технологических схем сушильных установок, состоящих из последовательности элементов с различными концентрациями твердой фазы, с оптимальным сочетанием способов и режимов, обеспечивающих наименьшие затраты на сушку. Рекомендации по проектированию и алгоритму синтеза могут быть положены в основу САПР технологических схем зерносушилок.

11. Близкие к рассчитанным оптимальным режимам были рассчитаны и проверены в производственных условиях оптимальные режимы на Веселокутском хлебоприемном предприятии и дали экономический эффект 0,8 кг усл. топлива/пл. единицу.

Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих публикациях:

1. Зацеркляный М.М., Сванидзе Б.Г., Столевич Т.Б. Теплообмен в аппаратах с фонтанирующим слоем сыпучего материала. //Матер. Респ. науч.-техн.-ой конф. мол. ученых республик Закавказья "По актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвящ. 60-летию образования СССР". - Тбилиси, 1982. - С. 127 - 129.

2. Зацеркляный М.М., Сванидзе Б.Г., Столевич Т.Б. Перемешивание твердой фазы в сушильных аппаратах с пульсирующим слоем сыпучего материала. //Матер. Респ. науч.-техн.-ой конф. мол. ученых республик Закавказья "По актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвящ. 60-летию образования СССР". - Тбилиси, 1982. - С. 129 - 130.

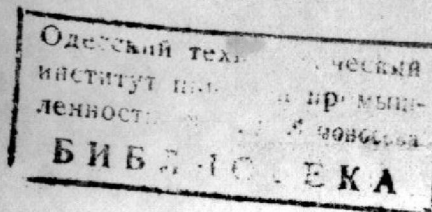
3. Зацеркляный М.М., Сванидзе Б.Г., Столевич Т.Б. Интенсификация процесса сушки сыпучих пищевых материалов. //Матер. Респ. науч.-техн.-ой конф. мол. ученых республик Закавказья "По актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвящ. 60-летию образования СССР". - Тбилиси, 1982. - С. 130 - 132.

4. Остапчук Н.В., Станкевич Г.Н., Сванидзе Б.Г. Особенности описания кинетики сушки термолабильных материалов для задачи

оптимизации. //Тез. докл. Респ. науч.-техн.-ой конф. "Математическое моделирование и оптимизация схем, режимов и оборудования химико-технологических, энерготехнологических и теплоэнергетических систем". Черновцы. - 1985 год. - Черновцы, 1985. - С. 5-8.

Б.С.С.

Ост. В. С. у. Закав. 1270-100



И. В. 15563